

futuro
Suplemento de ciencias de **Página/12**
Año 19 / Nº 948 | 17 . 05 . 2008

VIDA ARTIFICIAL

Con una pequeña ayuda de mis amigos

Sistemas artificiales que simulan comportamientos de colectivos vertebrados (aves o peces) y de insectos (hormigas, termitas y abejas), en sus formas de comunicarse y su autoorganización. Bienvenidos a los ecosistemas virtuales, en los que los organismos luchan por sobrevivir dentro de una computadora y a lo largo de los largos caminos de Internet.

Con una pequeña...

POR SERGIO A. MORIELLO

Las colonias de hormigas, los enjambres de abejas, las mangas de langostas, los cardúmenes de peces, bandadas de aves y las manadas de lobos actúan eficientemente en conjunto como si tuvieran una especie de inteligencia colectiva. Se trata de reglas simples que siguen cada uno de los miembros y que generan un comportamiento global emergente, con características inteligentes.

La "Vida Artificial" es un campo del conocimiento muy joven y tiene como objetivo el desarrollo de sistemas artificiales que muestren los rasgos distintivos de los sistemas vivos naturales. La importancia de su estudio radica en que estos últimos constituyen excelentes fuentes inspiradoras para el desarrollo de la tecnología. En efecto, el biológico es un modelo muy optimizado que ayuda al hombre a solucionar –con extraordinaria eficacia– muchos problemas complejos no convencionales que surgen a partir de su interacción con el entorno.

Los sistemas de Vida Artificial consisten en un abrumador número de "criaturas" (programas relativamente simples que se simulan en una computadora), que forman densas redes de interacción y operan –de manera múltiple, local y simultánea– sin que exista un control central. Los comportamientos de cada individuo no se programan; los investigadores sólo se limitan a darle un conjunto reducido de reglas de interacción que especifican lo que debe hacer cada una de ellos de acuerdo con la situación en que se encuentre.

De este modo, nadie es capaz de saber con precisión qué actitud tomará cada criatura en particular en un momento dado. Y, debido a que se verifica un fenómeno de emergencia, el conjunto puede resolver problemas que cada una de ellas es incapaz de realizar por sí misma.

CRIATURAS SINTETICAS QUE INTERACTUAN

Una clase de modelo de Vida Artificial es el "ecosistema artificial", un conjunto de criaturas sintéticas que interactúan y evolucionan dentro de un mismo entorno espacio-temporal computacional. Se trata de un sistema complejo en donde cualquier acción de cualquier especie puede afectar potencialmente a todas las demás, tanto en ese instante como en el futuro. Aunque todavía no es posible simular razonablemente la increíble complejidad de los grandes ecosistemas naturales, estos entornos pueden utilizarse como laboratorios para explorar algunos aspectos básicos de la evolución, como la emergencia de conductas sociales (por ejemplo, la comunicación, la cooperación, la competencia y las relaciones).

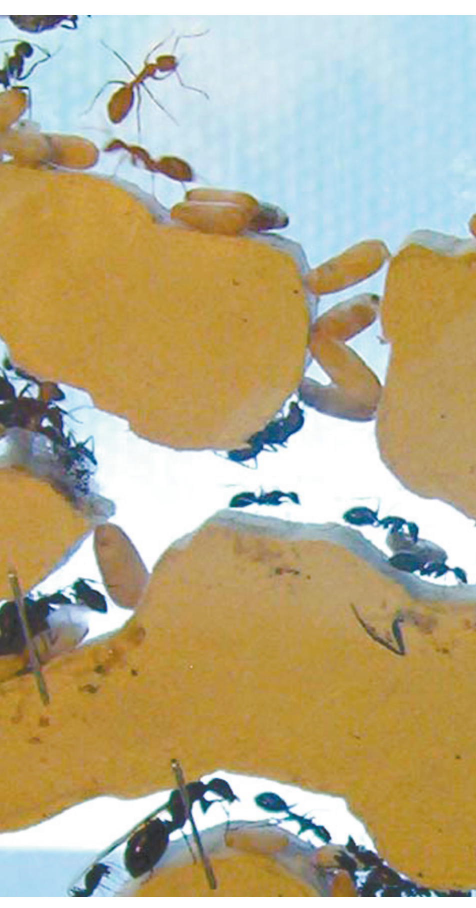
Al igual que su equivalente natural, se puede esperar que existan muchas "especies" artificiales (cada una ejecutando las tareas para las que ha sido creada). El diseño organizativo de estas criaturas dependerá de sus tareas y del entorno en donde evolucionen. El fin de cada una de ellas es su propia preservación: tratar de estar operativas la mayor cantidad de tiempo y ocupar la mayor cantidad de espacio de memoria de la computadora.

Por ejemplo, para algunas criaturas el tiempo de reacción será un factor imprescindible (no podrán "perder tiempo" razonando), mientras que para otras será fundamental la capacidad de razonamiento (se "darán el lujo" de emplear el tiempo suficiente como para poder predecir los efectos de sus futuras acciones).

PERSIGUIENDO EL BIEN COMUN

El comportamiento complejo y global, que cualquier persona podría considerar intencional, puede ser el resultado emergente de las numerosas interacciones simples que se establecen entre una enorme cantidad de entidades individuales. Se observa en los vertebrados (como las bandadas de aves o los cardúmenes de peces) o en los insectos (como las colonias de hormigas o de termitas, los enjambres de abejas o de avispas o las mangas de langostas).

Por ejemplo, considerada de manera aislada, una hormiga es una criatura bastante estúpida, capaz de ejecutar –aunque de forma fiel y obstinada– un escaso conjunto de rutinas innatas y de interactuar –de manera local y limitada– con sus vecinas. No



LOS SISTEMAS VIVOS NATURALES SON FUENTES INSP

obstante, tomadas en grupo, pueden erigir sociedades complejas con sofisticadas actividades como agricultura, ganadería, arquitectura, ingeniería e, incluso, prácticas de esclavitud.

El conjunto podría considerarse como un "metaorganismo", ya que funciona como una unidad y manifiesta tanto una conducta global como una inteligencia colectiva. Es decir, nadie planifica, ordena ni controla, pero emerge un eficaz comportamiento social que las lleva a trabajar juntas persiguiendo objetivos comunes.

Tomando como inspiración la eficiente conducta social de algunas especies cooperativas exitosas del reino animal, los investigadores en ciencias de la computación desarrollaron algoritmos muy útiles para resolver algunos complicados problemas prácticos, un enfoque conocido como "inteligencia de enjambre" (o *swarm intelligence*, en inglés).

Los enjambres artificiales se caracterizan por ser sistemas distribuidos, descentralizados y autoorganizados. Se trata de criaturas que exhiben un fuerte énfasis en la reacción y en la adaptabilidad, cuentan con información local y limitada y son capaces no sólo de percibir el entorno sino también

Los sistemas de Vida Artificial consis (programas que se simulan en una co interacción y operan sin que exista u

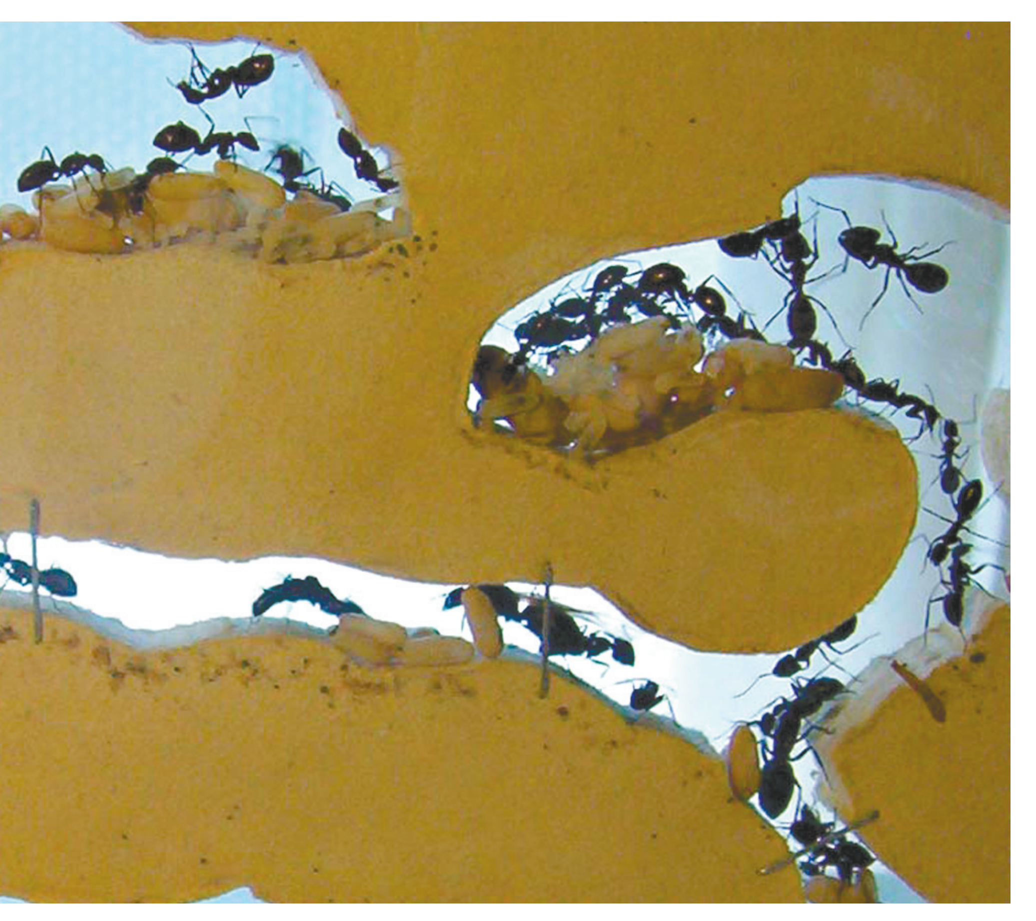
de modificarlo. Dependiendo básicamente del software, presentan distinto grado de homogeneidad: desde los totalmente homogéneos (una sola "especie") hasta los totalmente heterogéneos (tantas "especies" como miembros).

A LA BUSQUEDA DEL CAMINO MAS CORTO

Dentro del enfoque de inteligencia de enjambre, una de las técnicas que más destaca es la que emula el comportamiento de una colonia de hormigas (*Ant Colony Optimization*, ACO). La idea básica consiste en emplear la *estirmergia*, una forma de comunicación indirecta entre sus miembros que utiliza el entorno a fin de alcanzar sus objetivos (entre ellos, coordinar a dicha colonia).

Una aplicación interesante de esta técnica es la de encontrar el camino más corto para establecer las rutas en Internet; en otras palabras, cómo encaminar eficientemente los mensajes entre los nodos de la red a través de los routers.

El algoritmo de búsqueda funciona como se describe a continuación. De una forma más o menos al azar, un conjunto enormemente grande de hormigas virtuales se desplaza en busca de "alimento" (el o los puntos de llegada) explorando las inmediaciones de su "hormiguero" (el punto de partida). Mientras atraviesa el espacio de soluciones, ca-



PIRADORAS PARA EL DESARROLLO DE LA TECNOLOGIA.

da insecto “marca” el camino transitado depositando un rastro de feromona que otros pueden seguir (emulando al cretense Teseo adentrándose en el laberinto).

Dado que el rastro es transitorio (se “evapora” con el tiempo), las nuevas hormigas que salen del hormiguero son atraídas por las rutas más cortas. Al ser transitadas por otras hormigas, el rastro de feromonas de esa particular ruta se intensifica cada vez más. Al final del proceso, lo habitual es que el conjunto seleccione la ruta más corta entre los puntos de partida y de llegada, ya que justamente es la que presenta el rastro más fuerte.

Lo interesante de esta técnica es que las hormigas pueden adaptarse adecuadamente al entorno: debido a que éste es dinámico, es posible que surjan determinadas complicaciones, como el bloqueo o la congestión en las rutas. En este caso, y dado que exploran sin cesar nuevos trayectos, las hormigas establecen rutas alternativas, con lo cual siempre están preparadas para responder a los cambios del medio ambiente.

Esta técnica también se utiliza en el análisis de datos financieros, en la resolución de problemas de

sten en un gran número de “criaturas” omputadora), que forman redes de n control central.

producción industrial, en la optimización del recorrido de flotas de camiones y en la búsqueda de páginas interesantes por la web. Sin duda, a medida que transcurra el tiempo, seguirán apareciendo más aplicaciones prácticas de la inteligencia de enjambre.

LA DELGADA LINEA ROJA

Es interesante analizar la densidad de insectos que constituye el enjambre. Cuando es baja, el conjunto se comporta de modo caótico, ya que hay escasos individuos y pocos encuentros entre ellos. Pero, a medida que la densidad se incrementa, los encuentros se multiplican de forma exponencial y los patrones de actividad comienzan a distribuirse de manera más uniforme. Cuando la densidad alcanza un determinado valor umbral, súbitamente estos patrones rítmicos se propagan y afectan a todo el enjambre.

En este punto, el caos vira a orden y el sistema se comporta de un modo colectivo no predecible a partir del comportamiento de sus elementos individuales. Se puede decir, entonces, que el enjambre regula su propia densidad generando un orden emergente –un comportamiento global coherente– que lo abarca totalmente y que lo sitúa en lo que se conoce como el “borde (límite o frontera) del caos”.

Se trata de un difuso dominio transicional, con suficiente orden (estabilidad) como para poder desarrollar procesos, pero con una cierta dosis de desorden (inestabilidad) como para ser capaz de adaptarse a situaciones novedosas.

Se observa en todo sistema lo bastante complejo (sea un organismo, una mente, una sociedad o un ecosistema), que naturalmente evoluciona hacia y se mantiene dentro del estrecho dominio de “inestabilidad limitada”, oscilando entre el orden rígido y el desorden anárquico, de manera periódica.

Es en esta delgada franja en donde los insectos encuentran el adecuado número de conexiones (integración) y mantienen una óptima comunicación, de forma tal que se maximizan las capacidades potenciales de procesamiento de la información y de innovación, cambio y creatividad.

ETERNA AUTOORGANIZACION

Como todo sistema complejo, los enjambres se caracterizan por su autoorganización. Es decir, por la forma como surge espontáneamente un orden en el sistema a partir de la interacción de sus elementos (al superarse un determinado umbral). En los fenómenos de autoorganización es fundamental la idea de edificación de estructuras funcionales diferenciadas sobre la base de niveles, por estratos, una por encima de la otra.

Las interrelaciones entre los elementos de un nivel originan nuevos tipos de elementos en otro nivel más alto, los cuales se comportan habitualmente de una manera muy diferente, con una dinámica propia. Por ejemplo, el pasaje de las moléculas a las macromoléculas, de las macromoléculas a las células y de las células a los tejidos.

Para continuar siendo viable, un sistema complejo debe reorganizarse de forma permanente, balanceando sus diversas presiones internas y externas a fin de cambiar y adaptarse, pero intentando siempre mantener su organización esencial.

Así, por un lado, los cambios son internos: algunos elementos sólo interactúan con sus vecinos más cercanos, acoplándose mutuamente y formando una subestructura funcional local; pero pronto este orden se va propagando –de forma global– por todo el sistema.

Típicamente, esta propagación del orden se autorrefuerza por realimentación positiva y sólo se detiene cuando todos los elementos se han acoplado. En este punto, el sistema se estabiliza y la realimentación se vuelve mayoritariamente negativa, con lo cual neutralizará cualquier pérdida de organización (estabilización dinámica u homeostasis). Pero, por otro lado, cuando se modifica el entorno, los elementos que directamente interactúan con él tendrán que acoplar sus respectivas estructuras funcionales. Este acoplamiento se propagará hacia adentro, hasta que el sistema completo se acople a la nueva situación.

¿Verne predijo el fax?

POR CLAUDIO H. SANCHEZ

En la "Era de las comunicaciones", donde todo se resuelve con un simple correo electrónico y lo que se quiere decir transcurre en los espacios misteriosos y grandes de la World Wide Web, surge la historia de un prototelégrafo, llamado pantelégrafo, creado en el siglo XIX por Giovanni Caselli.

Cuando hace unos años se publicó *París en el siglo XX*, obra póstuma de Julio Verne, todos volvimos a asombrarnos por la capacidad del autor para predecir los adelantos tecnológicos de nuestro tiempo. Por ejemplo, en un pasaje de la novela nos enteramos de la existencia de un telégrafo "(...) que permitía enviar a cualquier parte el facsímil de una escritura, autógrafo o dibujo y firmar letras de cambio o contratos a diez mil kilómetros de distancia".

Pero esto, que parece una notable anticipación del fax, no es ninguna predicción. Y tampoco pretende serlo, ya que, unas líneas antes, el narrador nos aclara que ese telégrafo había sido inventado en el siglo anterior (es decir, el XIX) por el profesor Giovanni Caselli, de Florencia. Y, efectivamente, existía en tiempos de Verne este telégrafo de Caselli, también llamado pantelégrafo.

Para enviar un documento por el pantelégrafo, primero se lo debía imprimir o copiar sobre una lámina metálica usando una tinta grasosa especial, no conductora de la electricidad. En el aparato transmisor, una aguja conectada a una línea telegráfica exploraba la superficie de este impreso mediante un movimiento en zigzag.

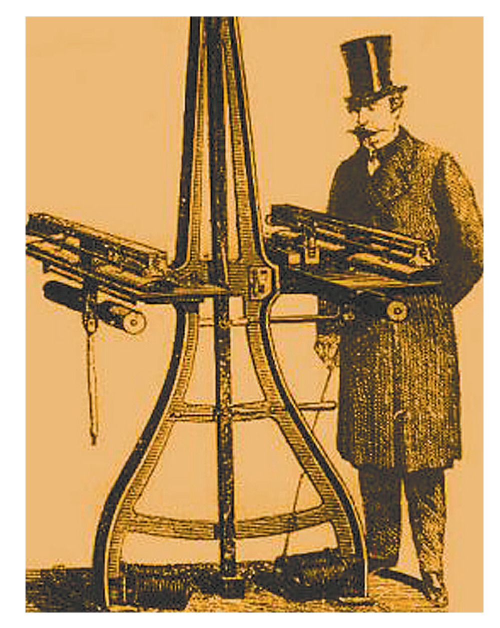
Cuando la aguja tocaba el metal desnudo (es decir, no impreso), descargaba a tierra la tensión eléctrica. Pero cuando pasaba por la superficie impresa, la tinta aislante impedía la descarga. La electricidad pasaba entonces a la línea telegráfica.

En la estación receptora había un dispositivo con otra aguja similar, sincronizada con la del transmisor. Esta segunda aguja recorría un papel impregnado en ferrocianuro de potasio, sustancia que cambia de color al ser sometida a una corriente eléctrica. Así el papel se iba oscureciendo cuando la aguja del transmisor pasaba por la parte impresa y conservaba su color original en correspondencia con las partes no impresas del documento.

PERDON, ¿TIENES UN PANTELEGRAFO?

El nombre de pantelégrafo se debe a la capacidad de este aparato para transmitir cualquier tipo de mensaje, tanto textos como imágenes. El principio de funcionamiento parece simple y es, de hecho, similar al de las actuales máquinas de fax. El problema era asegurar el sincronismo en el movimiento de las dos agujas. Esto se lograba mediante un mecanismo de relojería con péndulos que guiaban las agujas.

En realidad, la idea de enviar mensajes por telégrafo usando papel sensible a la electricidad ya había sido registrada en 1843 por un mecánico escocés llamado Alexander Bain, pero el telégrafo de Caselli fue el primero en llevarse a la práctica. Funcionó durante la década de 1860 en la línea telegráfica que unía París con Lyon. Y aunque envió cerca de cinco mil faxes durante su primer año de operación, pronto fue abandonado. El hecho de tener que imprimir el documento en la lámina de metal lo hacía muy poco práctico. Además, los facsímiles obtenidos muchas veces resultaban ilegibles. Todavía se conserva un ejemplar del pantelégrafo que puede observarse en el Conservatorio de Artes y Oficios de París.



EL NOMBRE ES PANTELEGRAFO PORQUE PODIA TRANSMITIR TODO TIPO DE MENSAJES.

ALEJANDRO DUMAS Y EL TELEGRAFO OPTICO

Antes del fax, antes del teléfono y antes del telégrafo existía un método de enviar mensajes a grandes distancias y en forma casi instantánea: el telégrafo óptico desarrollado por el francés Claude Chappe en el siglo XVIII.

Consistía en una serie de torres, separadas unos diez kilómetros entre sí y dotadas de un mecanismo de brazos móviles. Desde una de las torres, un vigía podía observar los movimientos de los brazos de la torre más cercana y los reproducía para que hiciera lo propio el vigía de la siguiente torre en la serie.

Los brazos podían adoptar unas doscientas posiciones distintas que representaban letras, palabras y hasta frases completas. De alguna manera, este sistema de transmisión es similar al lenguaje de banderas usado en el mar para comunicarse entre barco y barco.

La primera línea de telégrafos ópticos se terminó en 1794 y contaba con 15 torres a lo largo de 230 kilómetros entre París y Lille. Bajo buenas condiciones de visibilidad, un mensaje podía recorrer esa distancia en pocos minutos. Con el tiempo, Francia llegó a contar con una red de 500 torres que cubrían más de cinco mil kilómetros. La red jugó un papel importante en las campañas de Napoleón que la usó para recibir noticias y despachar órdenes. El telégrafo óptico se mantuvo en uso hasta mediados del siglo XIX, cuando fue superado por el telégrafo Morse.

Así como conocemos el pantelégrafo por su mención en París en el siglo XX, el telégrafo óptico protagoniza un episodio en *El conde de Montecristo*, la novela de Alejandro Dumas padre. En el capítulo cincuenta y dos el conde visita una de las torres y soborna al vigía para que transmita un mensaje falso que hará fracasar las inversiones de uno de sus enemigos.

Lamentablemente, este incidente no aparece en la más reciente versión cinematográfica de la novela de Dumas, dirigida por Kevin Reynolds y con Jim Caviezel en el papel principal. Tampoco aparece en *El conde de Monte Gordo*, la parodia que forma parte de "La venganza es un platillo que se sirve tres veces", un capítulo de *Los Simpson*.

EL CAFE DE LOS CIENTIFICOS: SOBRE DIOS Y OTROS DEBATES, Leonardo Moledo / Martín De Ambrosio, Buenos Aires, Capital Intelectual ("Claves para todos"), 2006, 112 páginas.

EL CAFE DE LOS CIENTIFICOS (II): DE EINSTEIN A LA CLONACION, Martín De Ambrosio, Buenos Aires, Capital Intelectual ("Claves para todos"), 2007, 112 páginas.

En 1926, el escritor austríaco Alfred Polgar publicó su ensayo *Teoría del Café Central*. En ese antro vienés convergían periodistas y científicos. Habría sido "una forma de organización de lo desorganizado", un lugar donde "los que tiempo atrás habían perdido todo apetito por lo erótico recuperaban su hambre".

El primero de los *Cafés de los científicos,* y cuyos resúmenes se publicaron puntualmente en este suplemento, organizados por el entonces director del Planetario porteño Leonardo Moledo, está dedicado, "obviamente", al pastor etíope Kaldi, legendario descubridor de la planta del café. También el segundo volumen está bajo la enseña del café y ya anuncian un tercero.



En cada uno de los libros de la serie, los científicos beben sobrio café y dialogan organizadamente, ante un público no menos sobrio y bebedor. Los oyentes primero y los lectores ahora advierten que en verdad nunca habían perdido el hambre erótica por ese tipo de conocimiento llamado ciencia, que es de una cualidad y calidad especialísimas.

En *Sobre Dios y otros debates*, dieciocho científicos conversan en nueve cafés sucesivos. Los temas que los convocan se cuentan entre aquellos que representan lo más actual y "de punta" en muchas investigaciones recientes. Se cuentan también entre aquellos que más han disparado, con la obsesión de las artes o el apocalipsis aggiornado de los predicadores, la vasta imaginación popular.

Es así que José Latorre, Alberto Baldi, Andrés Carrasco, Lino Barañao, Diego Mazzitelli, Ricardo Piegaia, Moisés Burachik, Walter Pengue, Leonardo Levinas, Diego Harari, Osvaldo Podhajcer, Marcelo Rubinstein, Guillermo Lemarchand, Juan Carlos Forte, Alicia Massarini, Esteban Calzetta, Silvina Solman y Osvaldo Canziani hablan entre sí por orden de aparición y a veces discuten con lucidez cafeínica, sobre vacas locas y priones, hombres y clones, átomos y vacíos, orgánicos y transgénicos, uno y el universo, el genoma en su laberinto, terráqueos y extraterrestres, la vida y la muerte, el clima y el climaterio.

El subtítulo del libro, con su suave ironía, es cuando menos oportuno. Los científicos discuten *Sobre Dios y otros debates*. Sobre todas las cosas que pueden saberse, como era el lema del *uomo universale* renacentista Pico della Mirandola. Y sobre algunas más, como le agregó con malicia el español Francisco de Quevedo.

Otro tanto vale para *De Einstein a la clonación*. Aquí Martín De Ambrosio (durante muchos años colaborador de este suplemento) registra, comenta y presenta otros nueve cafés. Elvira Arnoux, Juan Carlos Calvo, Daniel Cardinali, Horacio Encabo, Gastón Giribet, Diego Golombek, Rodolfo Goya, Diego Hurtado de Mendoza, Roberto Kaplan, Diego Mazzitelli, Ricardo Miró, Roberto Perazzo, Daniel Salamone, Daniel Schávelzon, Mario Silveira, Antonio Tersigni, Juan Carlos Villalonga, Rosalía Vofchuk y el llorado Julio Nudler dirigen sus esfuerzos conversacionales, auxiliados por el estimulante, al dormir, acaso soñar, a la física después de la sucesión sin testamento de Albert Einstein, a la arqueología y el urbanismo, a la economía y sus falsos (y no tan falsos expertos), a las afinidades electivas y las relaciones peligrosas entre la ciencia y la guerra, al hoy, ayer y mañana de la clonación, a la vejez, el envejecimiento y la fuente de la eterna juventud.

Organizadores y compiladores han sabido darle a cada uno de los cafés, en su forma escrita, la necesaria concisión. Han procurado un equilibrio, siempre inestable, nunca desagradable, entre coloquialismo y redacción definitiva. Al encontrarse en público con sus colegas, los científicos se ven obligados a un esfuerzo paralelo de divulgación y exactitud, porque no pueden valerse de las comodidades de la jerga. Deben abandonar, siquiera por un momento, las "imprecisiones de la ciencia por las precisiones del lenguaje", según decía el novelista Vladimir Nabokov. Que también era, como nadie ignora, un entomólogo, especialista en lepidópteras.

Contra lo que se podría creer, estos Cafés no invitan a ninguna credulidad en materia científica, sino al escepticismo. Y aun al escepticismo del escepticismo: "mirá lo que te espera si en mentiras no crées", según la letra de un tango, también *circa* 1926, que cita Julio Nudler, periodista de periodistas, cuya triste ausencia, por cierto, se hace notar y todavía se lamenta.

SERGIO DI NUCCI